

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2007年12月6日 (06.12.2007)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2007/138840 A1

(51) 国際特許分類:

H03H 9/25 (2006.01) H01L 41/18 (2006.01)  
H01L 41/09 (2006.01) H03H 9/145 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2007/059760

(22) 国際出願日:

2007年5月11日 (11.05.2007)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願2006-149854 2006年5月30日 (30.05.2006) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 神藤始 (KANDO, Hajime) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

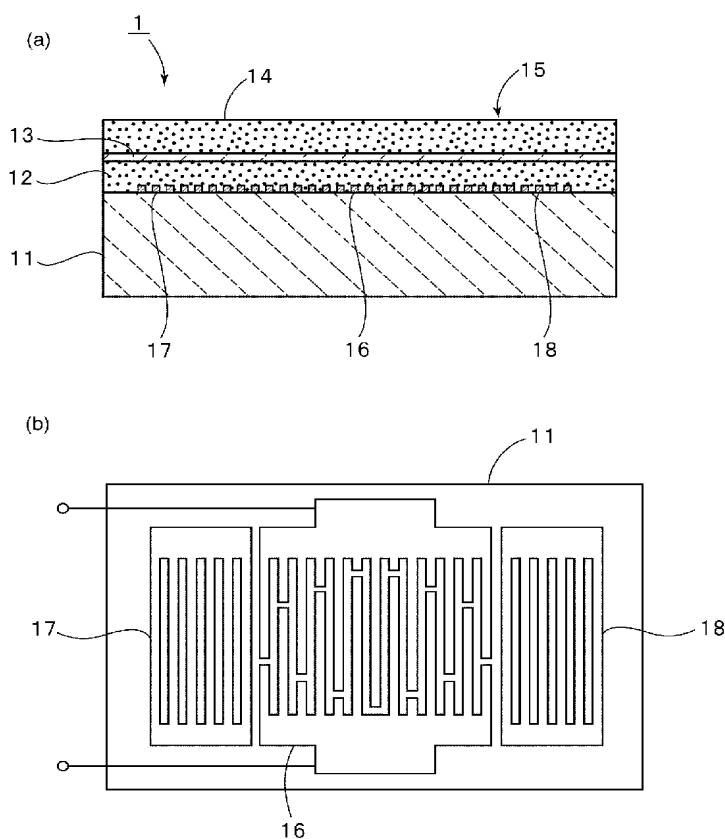
(74) 代理人: 宮▲崎▼主税 (MIYAZAKI, Chikara); 〒5400012 大阪府大阪市中央区谷町1丁目5番4号 大同生命ビル6階 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

[続葉有]

(54) Title: BOUNDARY ACOUSTIC WAVE DEVICE

(54) 発明の名称: 弹性境界波装置



14がこの順序で積層されており、第1の媒質11と第2の媒質12との間の界面にIDT電極16を含む電極が配置されており、第4の媒質14/第2の媒質12/電極/第1の媒質11を積層してなる構造

(57) Abstract: A boundary acoustic wave device comprising a laminate of first through fourth media and an electrode arranged between the first and second media. The boundary acoustic wave device has a temperature coefficient of delay time of a small absolute value and good temperature characteristics. First through fourth media (11-14) are laminated in this order; electrodes including an IDT electrode (16) are arranged on the interface between the first medium (11) and the second medium (12); the temperature coefficient of delay time (TCD) of a boundary acoustic wave has a positive value in the laminate structure of the fourth medium (14)/ the second medium (12)/the electrode/ the first medium (11); the fourth or the second medium has a positive temperature coefficient of sound velocity (TCV); the first medium (11) has a negative temperature coefficient of sound velocity (TCV); and the sound velocity of transverse wave in the third medium (13) is set lower than the sound velocity of transverse wave in the fourth medium (14) and/or the second medium (12).

(57) 要約: 第1～第4の媒質が積層されており、第1、第2の媒質間に電極が配置されている弾性境界波装置であって、遅延時間温度係数の絶対値が小さく、温度特性が良好な弾性境界波装置を提供する。第1～第4の媒質11～

[続葉有]

WO 2007/138840 A1



SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ヨーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,

添付公開書類:  
— 國際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## 弹性境界波装置

## 技術分野

[0001] 本発明は、例えば共振子やフィルタとして用いられる弹性境界波装置に関し、より詳細には、第1、第2の媒質間に電極が配置されており、第2の媒質上に、さらに第3及び第4の媒質が積層されている構造を有する弹性境界波装置に関する。

## 背景技術

[0002] 近年、共振子や帯域フィルタとして、パッケージ構造の簡略化を図り得るため、弹性境界波装置が注目されている。

[0003] 下記の特許文献1には、電気機械結合係数が大きく、伝搬損失及びパワーフロー角が小さく、周波数温度係数TCFが適度な範囲にある弹性境界波装置が開示されている。ここでは、圧電基板からなる第1の媒質と、 $\text{SiO}_2$  膜からなる第2の媒質との界面にIDT電極が形成されている。そして、圧電基板として用いる圧電単結晶の方位、IDT電極を構成する材料、膜厚及び電極指ピッチを調整することにより、電気機械結合係数や温度特性を調整し得る旨が記載されている。

[0004] 他方、下記の特許文献2には、図12に模式的に示す弹性境界波装置101が開示されている。弹性境界波装置101では、YカットX伝搬の $\text{LiNbO}_3$  基板からなる第1の媒質111と、 $\text{SiO}_2$  膜からなる第2の媒質112との界面にIDT電極115が配置されている。そして、第2の媒質112上に、多結晶Si層からなる第3の媒質113と、 $\text{SiO}_2$  膜からなる第4の媒質114とがこの順序で積層されている。

[0005] ここでは、第2の媒質～第4の媒質112～114を積層することにより、周波数調整を行うことができるとされている。すなわち、膜厚H1の第1の媒質111と、膜厚H2の第2の媒質112との間に電極115が形成され、さらに膜厚H3の第3の媒質113が積層されて、積層体が得られる。この積層体段階で周波数調整が行われる。そして、第3の媒質113上に、膜厚H4の第4の媒質114が積層される。このようにして得られた弹性境界波装置101では、境界波のエネルギーは、図12の右側に示す通りとなる。すなわち、第4の媒質においては、境界波のエネルギーはごく一部にしか分布しないの

で、上記積層体段階で周波数調整を行い、周波数ばらつきを著しく小さくすると、第4の媒質114を形成したとしても、周波数ばらつきを小さくすることが可能とされている。

特許文献1:WO2004-070946

特許文献2:WO2005-093949

## 発明の開示

[0006] 特許文献1に記載の弾性境界波装置では、圧電基板を構成している圧電単結晶の基板方位、IDT電極の構成が決定されると、周波数温度係数TCFや遅延時間温度係数TCDが自ずと決定されることになる。従って、所望の温度特性を有する弾性境界波装置を得ることは困難であった。

[0007] 他方、特許文献2に記載の弾性境界波装置では、上記のように、第2～第4の媒質を積層することにより、製造段階における周波数調整を容易に行うことができ、周波数ばらつきの少ない弾性境界波装置を提供することができる。しかしながら、特許文献2の図10において周波数温度係数TCFが示されているように、上記多結晶Si層からなる第3の媒質層が積層されていることにより、周波数温度係数TCFが劣化するおそれがあった。

[0008] 本発明の目的は、上述した従来技術の現状に鑑み、複数の媒質を積層してなる弾性境界波装置において、温度による特性変化の小さい弾性境界波装置を提供することにある。

[0009] 本願の第1の発明によれば、第1の媒質～第4の媒質がこの順序で積層されており、第1の媒質と第2の媒質との間の界面に電極が配置されている弾性境界波装置において、前記第4の媒質／第2の媒質／電極／第1の媒質を積層してなる構造における弾性境界波または弾性表面波の遅延時間温度係数TCDが正の値であり、前記第4または第2の媒質が正の音速温度係数TCVを有し、前記第1の媒質が負の音速温度係数TCVを有し、前記第3の媒質の横波の音速が、前記第4の媒質及び／または第2の媒質の横波の音速よりも遅くされることを特徴とする、弾性境界波装置が提供される。

[0010] 本発明のある特定の局面では、第1の媒質が圧電基板からなり、第2の媒質が酸化

ケイ素膜からなり、第3の媒質が酸化タンタル膜または酸化亜鉛膜からなり、第4の媒質が酸化ケイ素膜からなる。この場合、酸化ケイ素膜からなる第2、第4の媒質間に、酸化ケイ素膜よりも横波の音速が遅い酸化タンタル膜または酸化亜鉛膜からなる第3の媒質が配置されることになる。従って、本発明により、横波の音速が第4、第2の媒質の横波の音速よりも遅い第3の媒質が配置されることになるため、遅延時間温度係数TCDの絶対値が小さい、温度特性の良好な弾性境界波装置を確実に提供することができる。

[0011] 本願の第2の発明によれば、第1の媒質～第4の媒質がこの順序で積層されており、第1の媒質と第2の媒質との間の界面に電極が配置されている弾性境界波装置において、前記第4の媒質／第2の媒質／電極／第1の媒質を積層してなる構造における弾性境界波または弾性表面波の遅延時間温度係数TCDが負の値であり、前記第4または第2の媒質が負の音速温度係数TCVを有し、前記第1の媒質が正の音速温度係数TCVを有し、前記第3の媒質の横波の音速が、前記第4の媒質及び／または第2の媒質の横波の音速よりも遅くされることを特徴とする、弾性境界波装置が提供される。

[0012] 本願の第3の発明によれば、第1の媒質～第4の媒質がこの順序で積層されており、第1の媒質と第2の媒質との間の界面に電極が配置されている弾性境界波装置において、前記第4の媒質／第2の媒質／電極／第1の媒質を積層してなる構造における弾性境界波または弾性表面波の遅延時間温度係数TCDが正の値であり、前記第4または第2の媒質が負の音速温度係数TCVを有し、前記第1の媒質が正の音速温度係数TCVを有し、前記第3の媒質の横波の音速が、前記第4の媒質及び／または第2の媒質の横波の音速よりも速くされることを特徴とする、弾性境界波装置が提供される。

[0013] 本願の第4の発明によれば、第1の媒質～第4の媒質がこの順序で積層されており、第1の媒質と第2の媒質との間の界面に電極が配置されている弾性境界波装置において、前記第4の媒質／第2の媒質／電極／第1の媒質を積層してなる構造における弾性境界波または弾性表面波の遅延時間温度係数TCDが負の値であり、前記第4または第2の媒質が正の音速温度係数TCVを有し、前記第1の媒質が負の音速

温度係数TCVを有し、前記第3の媒質の横波の音速が、前記第4の媒質及び／または第2の媒質の横波の音速よりも速くされていることを特徴とする、弾性境界波装置が提供される。

[0014] また、第4の発明では、好ましくは、前記第1の媒質が圧電基板からなり、前記第2の媒質と第4の媒質が酸化ケイ素膜からなり、前記第3の媒質がケイ素膜または窒化ケイ素膜からなる。この場合には、酸化ケイ素膜からなる第2、第4の媒質間に、酸化ケイ素膜よりも横波の音速が速いケイ素膜または窒化ケイ素膜からなる第3の媒質が配置されることになる。従って、本発明により、横波の音速が第4、第2の媒質の横波の音速よりも速い第3の媒質が配置されることになるため、遅延時間温度係数TCDの絶対値が小さい温度特性の良好な弾性境界波装置を確実に提供することができる。

[0015] 本発明(第1～第4の発明)では、好ましくは、電極として、少なくとも1つのIDT電極が形成されている。すなわち、少なくとも1つのIDT電極により、弾性境界波が効率良く励振され、本発明に従って、弾性境界波を利用し、遅延時間温度特性が良好な弾性境界波装置を提供することができる。

(発明の効果)

[0016] 本発明(第1、第2の発明)に係る弾性境界波装置では、第1～第4の媒質がこの順序で積層されており、第1、第2の媒質間の界面に電極が配置されている構造において、第3の媒質の横波の音速が、第4の媒質及び／または第2の媒質の横波の音速よりも遅くされているので、遅延時間温度特性TCDの絶対値を小さくすることができ、良好な温度特性を有する弾性境界波装置を提供することができる。これは、以下の理由によると考えられる。振動エネルギーは、音速が低い媒質側に集中しやすい傾向がある。従って、第3の媒質における横波の音速が、第4の媒質及び／または第2の媒質の横波の音速よりも遅くされている場合、第3の媒質において、横波の振動エネルギーが強く分布することになるため、それによって、第2、第4の媒質への横波の振動エネルギーの分布も強くなり、弾性境界波の遅延時間温度係数TCDを小さくすることができることによると考えられる。また、第3、第4の発明においては、第3の媒質の横波の音速を逆に速くすることにより第2、第4の媒質への横波のエネルギー分布

を小さくでき、効果を得ているものである。

[0017] よって、本発明によれば、温度による特性の変化が小さい弾性境界波装置を確実にかつ容易に提供することが可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0018] [図1]図1(a)及び(b)は、本発明の一実施形態に係る弾性境界波装置を説明するための略図的正面断面図及び電極構造を示す模式的平面図である。

[図2]図2は、実施形態の弾性境界波装置における各媒質層における振動エネルギーの分布状態を説明するための模式図である。

[図3]図3は、 $Ta_2O_5$ からなる第3の媒質の膜厚を変化させた場合の弾性境界波の音速の変化を示す図である。

[図4]図4は、 $Ta_2O_5$ からなる第3の媒質の膜厚を変化させた場合の弾性境界波のスプリット反射指標  $\kappa_{12}$  の変化を示す図である。

[図5]図5は、 $Ta_2O_5$ からなる第3の媒質の膜厚を変化させた場合の弾性境界波の遅延時間温度係数TCDの変化を示す図である。

[図6]図6は、 $Ta_2O_5$ からなる第3の媒質の膜厚を変化させた場合の弾性境界波の電気機械結合係数K<sup>2</sup>の変化を示す図である。

[図7]図7は、第3の媒質を構成している $Ta_2O_5$ 厚みが0.03λである場合の実施形態の弾性境界波装置の振動エネルギー分布を模式的に示す図である。

[図8]図8は、第3の媒質を構成している $Ta_2O_5$ 厚みが0.20λである場合の実施形態の弾性境界波装置の振動エネルギー分布を模式的に示す図である。

[図9]図9は、 $Ta_2O_5$ からなる第3の媒質の厚みが0.02λ及び0.05λの場合、第3の媒質が積層されていない構造における周波数温度係数TCFを示す図である。

[図10]図10は、 $Ta_2O_5$ からなる第3の媒質の厚みが0.02λ及び0.05λの場合、第3の媒質が積層されていない構造における共振子の比帶域を示す図である。

[図11]図11は、第3の媒質としての $Ta_2O_5$ の厚みが0.02λ及び0.05λ及び第3の媒質が積層されていない各弾性境界波装置のインピーダンス及び位相周波数特性を示す図である。

[図12]図12は、従来の弾性境界波装置の一例を説明するための模式的正面断面図

である。

### 符号の説明

[0019] 1…弹性境界波装置

11…第1の媒質

12…第2の媒質

13…第3の媒質

14…第4の媒質

15…積層体

16…IDT電極

17, 18…反射器

### 発明を実施するための最良の形態

[0020] 以下、図面を参照しつつ本発明の具体的な実施形態を説明することにより、本発明を明らかにする。

[0021] 図1(a)及び(b)は、本発明の一実施形態に係る弹性境界波装置の模式的正面断面図及び電極構造を示す模式的平面図である。

[0022] 弹性境界波装置1は、第1の媒質11～第4の媒質14をこの順序で積層した積層体15を有する。そして、第1の媒質11と第2の媒質12との界面に、図1(b)に示す電極構造が形成されている。すなわち、上記電極構造として、IDT電極16と、IDT電極16の弹性境界波伝搬方向外側に設けられた反射器17, 18とを有する。

[0023] 本実施形態では、第1の媒質11は、15° YカットX伝搬のLiNbO<sub>3</sub>基板からなる。なお、第1の媒質11は、他の結晶方位のLiNbO<sub>3</sub>基板、あるいはLiTaO<sub>3</sub>基板などの他の圧電単結晶基板を用いて構成されてもよい。第1の媒質11は、他の圧電材料、例えば圧電セラミックスにより構成されていてもよく、さらには、絶縁性材料に圧電薄膜を積層した構造により構成されてもよい。

[0024] また、第2の媒質12は、本実施形態では酸化ケイ素膜としてのSiO<sub>2</sub>膜により形成されている。本実施形態で、第3の媒質13は、酸化タンタル膜としてのTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>からなる。また、第4の媒質14は、酸化ケイ素膜としてのSiO<sub>2</sub>膜からなる。

[0025] Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>からなる第3の媒質13における横波の音速は1580m／秒である。他方、Si

$\text{O}_2$  からなる第2, 第4の媒質中の横波の音速は3757m／秒である。すなわち、第3の媒質13における横波の音速は、第2, 第4の媒質12, 14における横波の音速よりも遅くされている。また、 $\text{ZnO}$ も横波音速2826m／sであるので、第3の媒質として利用できる。

[0026] なお、上記第4の媒質14／第2の媒質12／IDT電極16／第1の媒質11を積層した積層構造では、弾性境界波の遅延時間温度係数TCDは正の値とされている。なお、遅延時間温度係数TCDは、デバイスの性能の指標と直結する弾性波の伝搬性能の指標であり、デバイス性能の指標となる周波数温度係数TCFとの間には、 $\text{TCF} = -\text{TCD}$ の関係がある。

[0027] また、本実施形態では、第3の媒質13における横波の音速は、第2の媒質12における横波の音速及び第4の媒質14における横波の音速よりも遅くされていたが、第3の媒質13における横波の音速は、第2の媒質12における横波の音速または第4の媒質14における横波の音速の少なくとも一方よりも遅くされればよい。

[0028] また、 $\text{SiO}_2$  からなる第2, 第4の媒質においては、音速温度係数TCVは正の値である。音速温度係数TCVとは、線膨張係数の影響を除いた弾性波の伝搬性能の指標であり、線膨張係数の影響を除いた音速の温度による変化傾向を示す。

[0029] なお、第1の媒質11を構成している $\text{LiNbO}_3$ 基板は、音速温度係数TCVは負の値である。

[0030] 本実施形態では、IDT電極16及び反射器17, 18は、Au層上に、Al層を積層した積層金属膜からなり、IDT電極のデューティは0. 6とされている。

[0031] 本実施形態の弾性境界波装置1では、第3の媒質13を構成している $\text{Ta}_2\text{O}_5$ の横波の音速が、第2, 第4の媒質12, 14における横波の音速よりも遅いため、横波のエネルギーは第3の媒質に集中することとなる。従って、第1, 第2の媒質11, 12の界面を伝搬する弾性境界波の遅延時間温度係数TCDの絶対値を小さくすることができ、良好な温度特性を得ることができる。これを、従来の弾性境界波装置と対比しつつ、より具体的に説明する。

[0032] 第3及び第4の媒質13, 14を有しないことを除いては、上記実施形態の弾性境界波装置1と同様に構成された従来の弾性境界波装置について、下記の表1に示す条

件でIDT電極、反射器及び第1、第2の媒質を構成した。この従来の弾性境界波装置について、「周期構造圧電性導波路の有限要素法解析」(電子通信学会論文誌Vol. J68-C No1. 1985/1, 第21頁～第27頁)に提案されている有限要素法を拡張し、半波長区間に1本のストリップを配置し、電気的に開放したストリップと、短絡したストリップとの阻止域の上端と下端における音速を求めた。境界波の振動エネルギーは、IDT電極の上方 $1\lambda$ までの部分及び下方 $1\lambda$ までの部分に大半のエネルギーが集中している。従って、IDT電極の上下方向に $8\lambda$ の厚みの部分を解析領域とし、解析領域の表面と裏面の境界条件は弾性的に固定した。

[0033] 次に、「モード結合理論による弾性表面波すだれ状電極の励振特性評価」(電子情報通信学会技術報告、MW90-62, 1990, 第69頁～第74頁)に提案されている方法に基づいて、ストリップにおける境界波の反射量を表す  $\kappa_{12}/k_0$  と電気機械結合係数  $K^2$  を求めた。なお、「周期構造圧電性導波路の有限要素法解析」で扱った構造に比べると、上記従来例として用意した弾性境界波装置における音速の周波数分散が大きいため、 $\kappa_{12}/k_0$  は周波数分散の影響を考慮して求めた。

[0034] また、遅延時間温度係数TCDは、15°C、25°C及び35°Cにおける短絡ストリップの阻止域下端の位相速度  $V_{15^\circ\text{C}}$ 、 $V_{25^\circ\text{C}}$  及び  $V_{35^\circ\text{C}}$  より下記の式(1)により求めた。

$$\text{TCD} = \alpha_s - (V_{35^\circ\text{C}} - V_{15^\circ\text{C}}) / V_{25^\circ\text{C}} (35 - 15) \quad \cdots \text{式(1)}$$

なお、式(1)において、 $\alpha_s$  は境界波伝搬方向における  $\text{LiNbO}_3$  基板の線膨張係数である。

[0036] [表1]

従来の構成例	$\text{SiO}_2/\text{IDT}/15^\circ\text{ Y-X LN}$
IDT(AI/Au)	厚さ0.050/0.035 $\lambda$ 、デューティ0.6
第2の媒質( $\text{SiO}_2$ )	厚さ8 $\lambda$ 、横波音速3757m/秒、TCV正
第1の媒質( $15^\circ\text{ Y-X LiNbO}_3$ )	厚さ8 $\lambda$ 、TCV負

[0037] 上記計算により求めた従来の弾性境界波装置の特性を下記の表2に示す。

[0038] [表2]

項目	伝搬特性
音速 $V_{25^\circ\text{C}}$	3495m/秒
TCD	26.8 ppm/ $^\circ\text{C}$
$K^2$	17.4%
$\kappa_{12}/\kappa_0$	0.096

[0039] 他方、上記実施形態の弾性境界波装置のIDT電極16及び第1～第4の媒質11～14の構成を下記の表3にまとめて示す。そして、下記の表3のように設定された上記実施形態の弾性境界波装置について、上記従来の弾性境界波装置と同様にして、伝搬特性を計算した。結果を表4に示す。

[0040] [表3]

実施形態	$\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2/\text{IDT}/15^\circ\text{ Y-X LN}$
IDT(AI/Au)	厚さ0.050/0.035 $\lambda$ 、デューティ0.6
第4の媒質( $\text{SiO}_2$ )	厚さ8 $\lambda$ 、横波音速3757m/秒、TCV正
第3の媒質( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ )	厚さ0.03 $\lambda$ 、横波音速1580m/秒
第2の媒質( $\text{SiO}_2$ )	厚さ0.2 $\lambda$ 、横波音速3757m/秒、TCV正
第1の媒質(15° Y-X $\text{LiNbO}_3$ )	厚さ8 $\lambda$ 、TCV負

[0041] [表4]

項目	伝搬特性
音速 $V_{25^\circ\text{C}}$	3332m/秒
TCD	18.7 ppm/ $^\circ\text{C}$
$K^2$	15.1%
$\kappa_{12}/\kappa_0$	0.091

[0042] 表2と表4とを比較すれば明らかなように、本実施形態の弾性境界波装置によれば、遅延時間温度係数は18.7 ppm/ $^\circ\text{C}$ と良化していることがわかる。すなわち、音速、電気機械結合係数 $K^2$ 、及び $\kappa_{12}/\kappa_0$ は若干変化したものの、これらの変化は実用上十分許容され得る範囲内の変化であり、他方、遅延時間温度係数TCDは上記のように大幅に良化していることがわかる。

[0043] 本実施形態において、遅延時間温度係数TCDの絶対値が小さくなり、良化する理由は、以下の通りであると考えられる。

[0044] 弾性境界波の遅延時間温度係数TCDは、境界を形成する複数の媒質全体における線膨張係数 $\alpha_s$ と、個々の媒質における音速温度係数TCVとのバランスにより決定されることになる。例えば、弾性境界波の遅延時間温度係数TCDが正の値である

場合、横波の音速温度係数TCVが正の材料における境界波の振動エネルギー分布を強くすると、境界波の遅延時間温度係数TCDは小さくなる。弾性境界波の振動エネルギーは、低音速である媒質に集中しやすい。従って、2つの層の一方の層に弾性境界波の振動エネルギーを集中させたい場合には、一方の層として、低音速の材料を用いればよい。また、1つの媒質を2つの層に分離し、分離された2つの層の間に、相対的に低い音速の媒質を挿入すれば、該低い音速の媒質に振動エネルギーを集中し、それにより、前記分離された2つの層への振動エネルギー分布が強まる。

[0045] 表1に示した従来の弾性境界波装置では、遅延時間温度係数TCDが正の値となる。従って、音速温度係数TCVが正である $\text{SiO}_2$ 層側の振動エネルギーを高めることができれば、遅延時間温度係数TCDを改善し得ると考えられる。そこで、上記実施形態では、表3に示したように、第2、第4の媒質を構成している $\text{SiO}_2$ 膜間に、第3の媒質として、相対的に横波の音速が低速である $\text{Ta}_2\text{O}_5$ が配置されている。従って、音速温度係数TCVが正である $\text{SiO}_2$ からなる第2の媒質12と第4の媒質14における境界波の振動エネルギーを高めることができる。

[0046] 図2は、上記実施形態の場合と、上記実施形態とは異なり、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ からなる第3の媒質が配置されていない従来の場合の弾性境界波の変位分布を示す模式図である。実線が上記実施形態の場合を、破線が従来の場合を示している。図2から明らかなように、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ からなる第3の媒質13を配置することにより、第2の媒質12と第4の媒質14における弾性境界波の振動エネルギーが大幅に高められることがわかる。

[0047] 図3～図6は、第3の媒質13の厚みと、弾性境界波伝搬特性との関係を示す図である。具体的には、図3は、第3の媒質13の膜厚を変化させた場合の音速の変化を示す図であり、図4は、ストリップ反射指標の変化を示す図であり、図5は、遅延時間温度係数TCDの変化を示す図であり、図6は、電気機械結合係数 $K^2$ (%)の変化を示す図である。

[0048] また、図7は、厚みが $0.03\lambda$ の $\text{Ta}_2\text{O}_5$ からなる第3の媒質における振動エネルギーの分布を示す模式図であり、図8は、厚みが $0.20\lambda$ の $\text{Ta}_2\text{O}_5$ からなる第3の媒質における振動エネルギーの分布を示す模式図である。

[0049] 図3から明らかなように、第3の媒質( $Ta_2O_5$ )の厚みを厚くすることにより、音速が遅い第3の媒質の影響が高くなるため、弾性境界波の音速が低下していることがわかる。例えば、第3の媒質を設けない場合の音速が3394m/sであるのに対し、第3の媒質の厚みが0.03 $\lambda$ の場合の音速が3332m/sとなる。また、第3の媒質( $Ta_2O_5$ )の厚みが厚くなると、遅延時間温度係数TCDは上記の原理に従って、図5に示すように負の側に移動していくことになる。例えば、第3の媒質を設けない場合のTCDが27ppm/ $^{\circ}C$ であるのに対し、第3の媒質の厚みが0.03 $\lambda$ の場合のTCDが18ppm/ $^{\circ}C$ となる。さらに、図7及び図8に示したように、 $Ta_2O_5$ の膜厚が0.20 $\lambda$ と厚くなるに従って、 $LiNbO_3$ 基板に分布する振動エネルギーが減少し、電気機械結合係数 $K^2$ が低くなる。すなわち、 $Ta_2O_5$ の厚みが0.3 $\lambda$ の場合、図6から明らかなように、電気機械結合係数 $K^2$ は2.4%と小さくなり、実用性が低下する。

[0050] また、図4から明らかなように、 $Ta_2O_5$ からなる第3の媒質13の厚みが厚くなっていくと、ストリップの反射係数を示す $\kappa_{12}$ は低くなっていく。特に、 $Ta_2O_5$ の厚みが0.2 $\lambda$ で $\kappa_{12}$ は0.026と小さくなる。従って、 $\kappa_{12}$ が0.026より小さくなると、IDT電極16の左右にストリップ型反射器17, 18を配置した上記実施形態の1ポート型弾性境界波共振子や、あるいは縦結合型の共振子フィルタを構成した場合、すなわち共振子構造を利用した弾性境界波装置では、反射器の本数を多くしなければならなくなる。そのため、弾性境界波装置の大型化を招き、好ましくない。よって、好ましくは、 $Ta_2O_5$ からなる第3の媒質13の厚みは、0.30 $\lambda$ 以下、より好ましくは0.20 $\lambda$ 以下とすることが望ましい。

[0051] 次に、上記実施形態に従って、1ポート型弾性境界波装置を具体的に作製し、共振周波数の温度係数TCFと、比帶域幅を測定した。

[0052] すなわち、下記の表5に示すように、IDT電極16の周期 $\lambda$ 、IDT電極16の構成及び膜厚、第1～第4の媒質11～14の膜厚及び材料を設定した。

[0053] さらに、IDT電極16における設計パラメータは以下の通りとした。

[0054] 電極指の対数:60対  
交差幅:30 $\lambda$   
開口幅:30.4 $\lambda$

アポタイズ:有、IDT中央が交差幅30 $\lambda$ 、IDT両端が交差幅15 $\lambda$

反射器の電極指の本数:51本

IDTと反射器の周期 $\lambda$ :3.42 $\mu\text{m}$ (電極指配置ピッチ0.8 $\mu\text{m}$ )

電極指のライン幅:0.855 $\mu\text{m}$

電極指間のスペース幅:0.855 $\mu\text{m}$

[0055] [表5]

項目	寸法
IDT周期 $\lambda$	3.42 $\mu\text{m}$
IDT(NiCr/Ti/Al/Ti/Ni/Au/Ni/Ti)	厚み20/20/100/20/20/140/20/20nm
第4の媒質(SiO <sub>2</sub> )	厚さ6000nm
第3の媒質(Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	厚さ170nm
第2の媒質(SiO <sub>2</sub> )	厚さ680nm
第1の媒質(15° Y-X LiNbO <sub>3</sub> )	厚さ500 $\mu\text{m}$

[0056] なお、第3の媒質13の厚みについては、上記のように170nm、すなわち0.05 $\lambda$ としたが、別に、第3の媒質13の厚みを0.02 $\lambda$ (68nm)とした変形例の弾性境界波装置を作製した。さらに、比較のために、第3の媒質の厚みを0 $\lambda$ 、すなわち第3の媒質13を設けなかったことを除いては、上記試作例と同様にして弾性境界波装置を作製した。これらの弾性境界波装置について、共振周波数の周波数温度係数TCFと比帶域幅を求めた。結果を図9及び図10に示す。ここで、比帶域幅は(反共振周波数-共振周波数)/共振周波数として求める。

[0057] 図9及び図10から明らかなように、具体的に試作された上記実施形態及び変形例の弾性境界波装置によれば、第3の媒質を有しない弾性境界波装置に比べて、周波数温度係数TCFの絶対値を小さくすることができ、かつ比帶域幅については、さほど変化しないことがわかる。従って、比帶域幅を狭めることなく、周波数温度特性を改善し得ることがわかる。

[0058] 図11は、上記のようにして作製された3種類の弾性境界波装置のインピーダンス及び位相特性を示す図である。図11から明らかなように、第3の媒質を有しない比較例に比べ、第3の媒質13を用いた実施形態及び変形例の弾性境界波装置では、反共振周波数におけるインピーダンスの共振周波数におけるインピーダンスに対する比であるインピーダンス比すなわち山谷比が大きくなり、特性が改善されていることがわかる。

[0059] 多くの圧電材料は負の音速温度係数TCVを有し、そのデバイスは負の周波数温度係数TCFを有する。従って、第2の媒質12及び第4の媒質14として、正の音速温度係数TCVをもつ材料を用いることにより、デバイスの周波数温度係数TCFをプラス側に補正することができる。正の音速温度係数TCVを有する $\text{SiO}_2$ を第2の媒質12及び第4の媒質14として用いることにより、実用性を高めることができる。すなわち、周波数温度係数TCFの絶対値を小さくすることができる。他方、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ は低音速であり、かつ重く、硬い誘電体材料である。従って、第3の媒質13として、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ を、 $\text{SiO}_2$ からなる第2の媒質12と第4の媒質14との間に薄く配置することにより、エネルギーを効率的に第1の媒質11から第2の媒質12側に移動させることができる。また、 $\text{SiO}_2$ 及び $\text{Ta}_2\text{O}_5$ は耐熱性に優れており、化学的に安定である。従って、上記実施形態の弾性境界波装置1は、温度による特性の変化が小さいだけでなく、耐熱性及び安定性に優れており、信頼性の点においても優れている。また、第2の媒質12と第4の媒質14は別の材料で構成してもよい。

[0060] なお、上記実施形態では、第4の媒質／第2の媒質／電極／第1の媒質を積層してなる構造における弾性境界波の遅延時間温度係数TCDが正の値であり、第4または第2の媒質が正の音速温度係数TCVを有し、第1の媒質が負の音速温度係数TCVを有する構造とされていたが、本発明においては、このような構造に限定されるものではなく、第3の媒質の横波の音速が、第4の媒質及び／または第2の媒質の横波の音速よりも遅くされている下記の第2の構造においても、また、第3の媒質の横波の音速を逆に速くしている第3、第4の構造においても、遅延時間温度特性を改善することができる。

[0061] 第2の構造例:第4の媒質／第2の媒質／電極／第1の媒質を積層してなる構造における弾性境界波の遅延時間温度係数TCDが負の値であり、第4または第2の媒質が負の音速温度係数TCVを有し、第1の媒質が正の音速温度係数TCVを有する構造。

[0062] 第3の構造例:第4の媒質／第2の媒質／電極／第1の媒質を積層してなる構造における弾性境界波の遅延時間温度係数TCDが正の値であり、第4または第2の媒質が負の音速温度係数TCVを有し、第1の媒質が正の音速温度係数TCVを有する構

造。

[0063] 第4の構造例:第4の媒質／第2の媒質／電極／第1の媒質を積層してなる構造における弾性境界波の遅延時間温度係数TCDが負の値であり、第4または第2の媒質が正の音速温度係数TCVを有し、第1の媒質が負の音速温度係数TCVを有する構造。

[0064] なお、上記実施例では、1ポート型の弾性境界波共振子につき説明したが、本発明に係る弾性境界波装置は、様々な電極構造を有するように構成され得る。すなわち、2個以上のIDTを用いた縦結合型もしくは横結合型の弾性境界波共振子フィルタや、複数個の弾性境界波共振子をラダー型に接続してなるラダー型フィルタであってもよい。また、本発明の弾性波装置は、弾性境界波光スイッチや弾性境界波光フィルタなどの光デバイスにも用いることができ、弾性境界波を利用した装置一般に広く用いられることができる。

[0065] なお、本発明の弾性境界波装置の製造に際しては、第2の媒質12～第4の媒質14を形成するに先立ち、逆スパッタ、イオンビームミリング、反応性イオンエッチング、ウェットエッチングまたは研磨などにより、IDT電極や第2もしくは第3の媒質12、13を薄くしたり、スパッタリングもしくは蒸着などの堆積法により追加成膜して厚くすることにより、IDT電極16、第2の媒質12及び／または第3の媒質13の厚みを調整することができる。そして、これらの厚み調整により、周波数調整を行うことができる。

[0066] また、本発明においては、表5に示したように、電極構造は、複数の金属からなる積層膜により構成されてもよい。

[0067] さらに、本発明における第1～第4の媒質を構成する材料についても特に限定されない。すなわち、様々な誘電体を媒質として用いることができる。このような媒質としては、例えば、ニオブ酸リチウム、ニオブ酸カリウム、タンタル酸リチウム、四ほう酸リチウム、ランガサイトやランガナイト、水晶、PZT、ZnO、AlN、酸化珪素、ガラス、シリコン、サファイア、窒化シリコン及び窒化炭素からなる群から選択される1種などが挙げられる。

[0068] また、媒質は、单一材料で構成されている必要は必ずしもなく、複数の媒質層を積層してなる積層構造を有していてもよい。すなわち、第1～第4の媒質のうち少なくと

も1つの媒質が、複数の材料層を積層した積層構造を有するものであってもよい。

[0069] 加えて、本発明に係る弾性境界波装置では、外側に、強度を高めたり、腐食性ガスなどの浸入を防止するための保護層を形成してもよい。また、弾性境界波装置は、部品サイズが大きくなることを厭わないのであれば、パッケージに封入された構造を有していてもよい。

[0070] なお、上記保護層としては、酸化チタン、窒化アルミニウム、酸化アルミニウムなどの絶縁性材料により構成されていてもよく、Au、AlまたはWなどの金属膜により構成されていてもよく、エポキシ樹脂などの樹脂膜により構成されていてもよい。

## 請求の範囲

[1] 第1の媒質～第4の媒質がこの順序で積層されており、第1の媒質と第2の媒質との間の界面に電極が配置されている弹性境界波装置において、  
前記第4の媒質／第2の媒質／電極／第1の媒質を積層してなる構造における弹性境界波または弹性表面波の遅延時間温度係数TCDが正の値であり、  
前記第4または第2の媒質が正の音速温度係数TCVを有し、前記第1の媒質が負の音速温度係数TCVを有し、  
前記第3の媒質の横波の音速が、前記第4の媒質及び／または第2の媒質の横波の音速よりも遅くされていることを特徴とする、弹性境界波装置。

[2] 前記第1の媒質が圧電基板からなり、前記第2の媒質が酸化ケイ素膜からなり、前記第3の媒質が酸化タンタル膜または酸化亜鉛膜からなり、前記第4の媒質が酸化ケイ素膜からなる、請求項1に記載の弹性境界波装置。

[3] 第1の媒質～第4の媒質がこの順序で積層されており、第1の媒質と第2の媒質との間の界面に電極が配置されている弹性境界波装置において、  
前記第4の媒質／第2の媒質／電極／第1の媒質を積層してなる構造における弹性境界波または弹性表面波の遅延時間温度係数TCDが負の値であり、  
前記第4または第2の媒質が負の音速温度係数TCVを有し、前記第1の媒質が正の音速温度係数TCVを有し、  
前記第3の媒質の横波の音速が、前記第4の媒質及び／または第2の媒質の横波の音速よりも遅くされていることを特徴とする、弹性境界波装置。

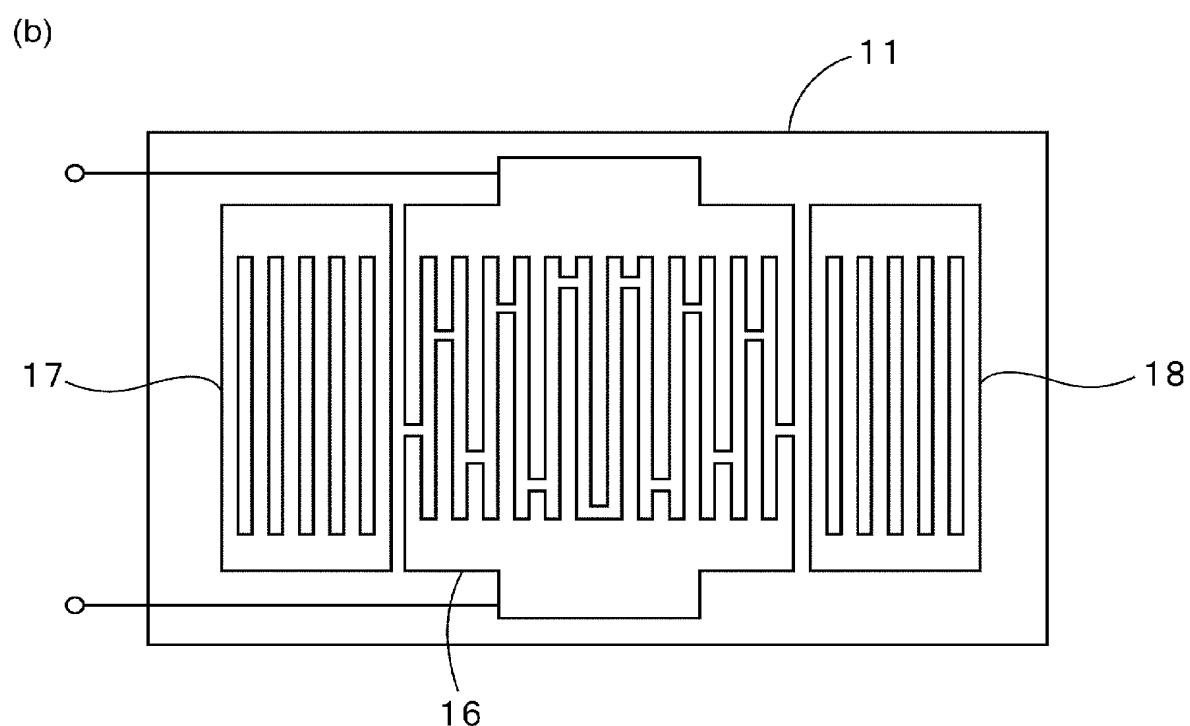
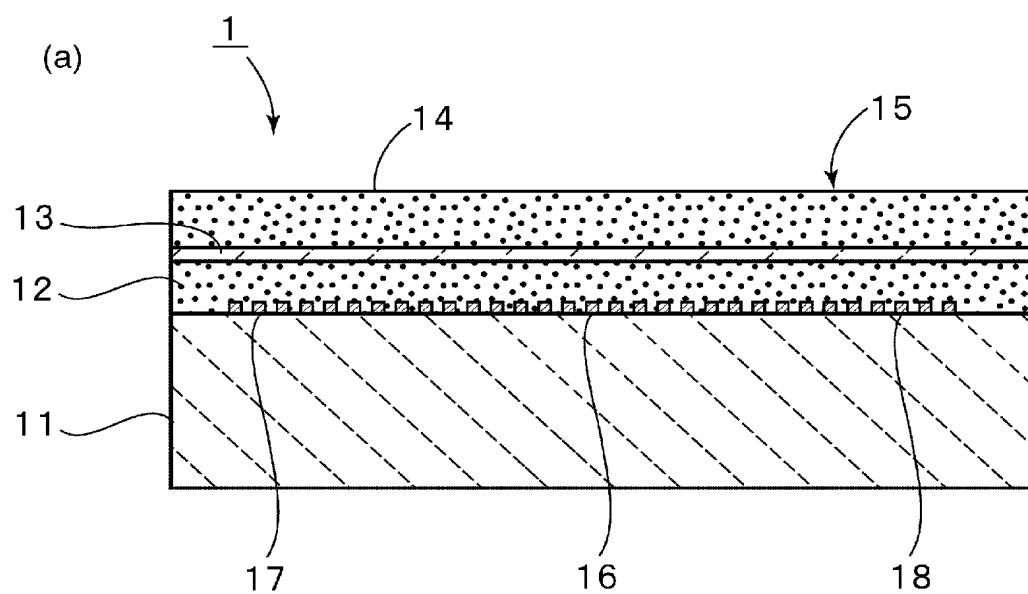
[4] 第1の媒質～第4の媒質がこの順序で積層されており、第1の媒質と第2の媒質との間の界面に電極が配置されている弹性境界波装置において、  
前記第4の媒質／第2の媒質／電極／第1の媒質を積層してなる構造における弹性境界波または弹性表面波の遅延時間温度係数TCDが正の値であり、  
前記第4または第2の媒質が負の音速温度係数TCVを有し、前記第1の媒質が正の音速温度係数TCVを有し、  
前記第3の媒質の横波の音速が、前記第4の媒質及び／または第2の媒質の横波の音速よりも速くされていることを特徴とする、弹性境界波装置。

[5] 第1の媒質～第4の媒質がこの順序で積層されており、第1の媒質と第2の媒質との間の界面に電極が配置されている弾性境界波装置において、  
前記第4の媒質／第2の媒質／電極／第1の媒質を積層してなる構造における弾性境界波または弾性表面波の遅延時間温度係数TCDが負の値であり、  
前記第4または第2の媒質が正の音速温度係数TCVを有し、前記第1の媒質が負の音速温度係数TCVを有し、  
前記第3の媒質の横波の音速が、前記第4の媒質及び／または第2の媒質の横波の音速よりも速くされていることを特徴とする、弾性境界波装置。

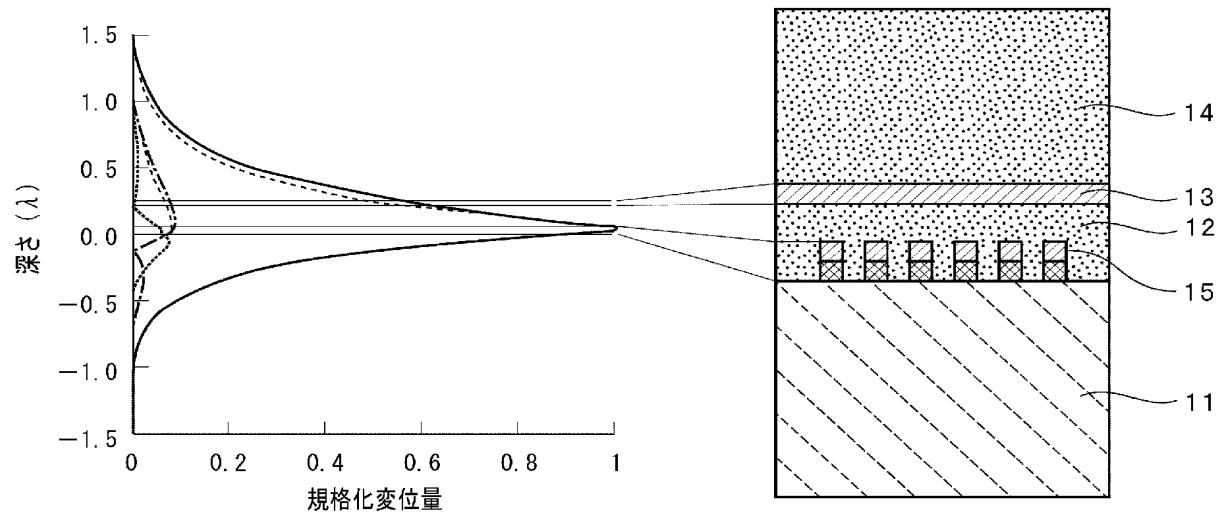
[6] 前記第1の媒質が圧電基板からなり、前記第2の媒質と第4の媒質が酸化ケイ素膜からなり、前記第3の媒質がケイ素膜または窒化ケイ素膜からなる、請求項5に記載の弾性境界波装置。

[7] 前記電極として、少なくとも1つのIDT電極を有する、請求項1～6のいずれか1項に記載の弾性境界波装置。

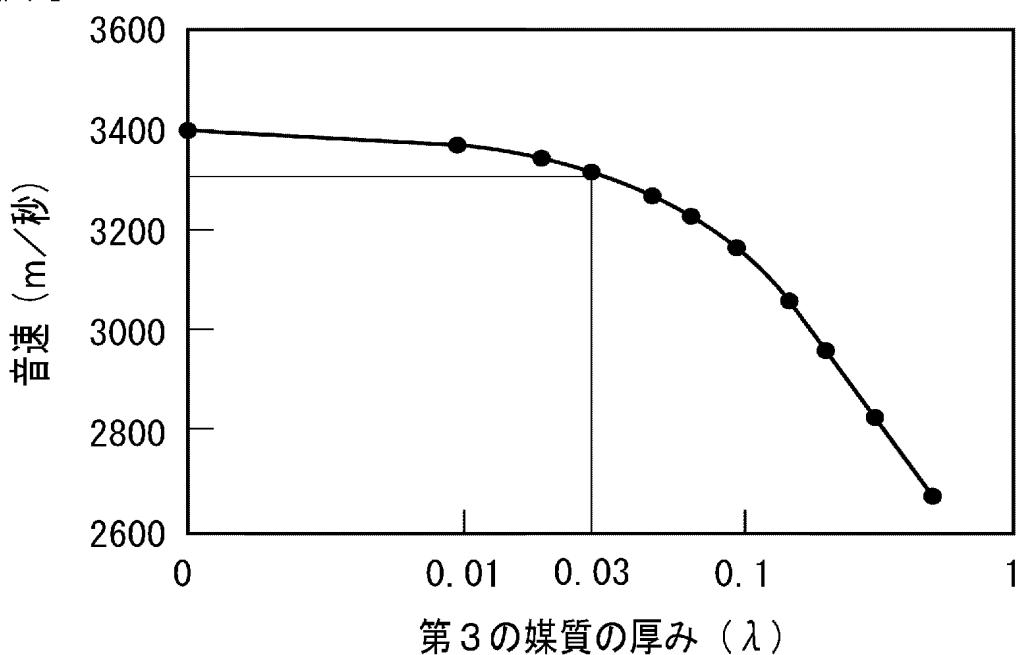
[図1]



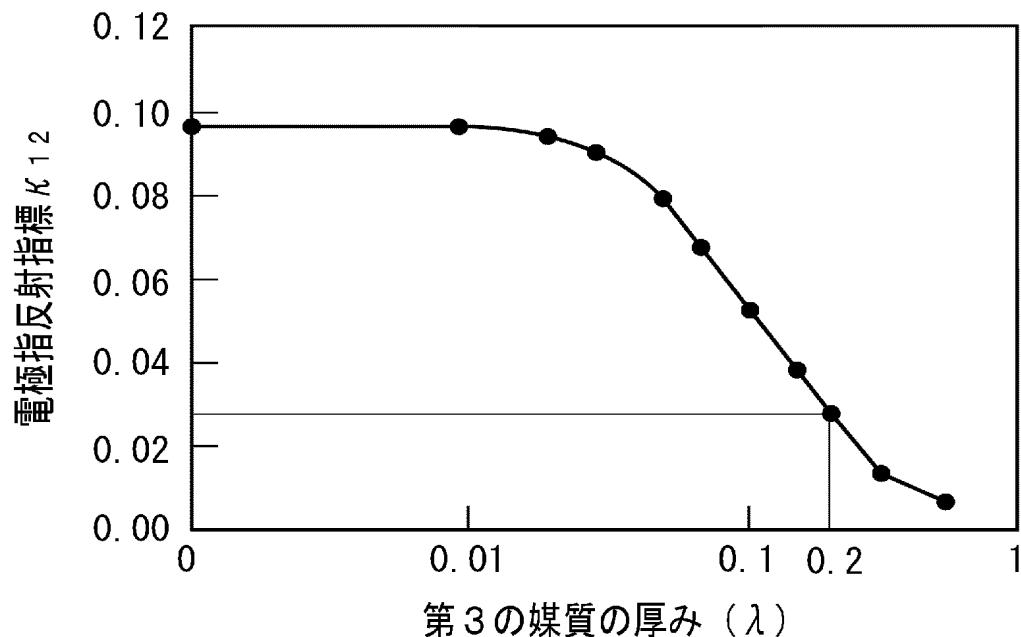
[図2]



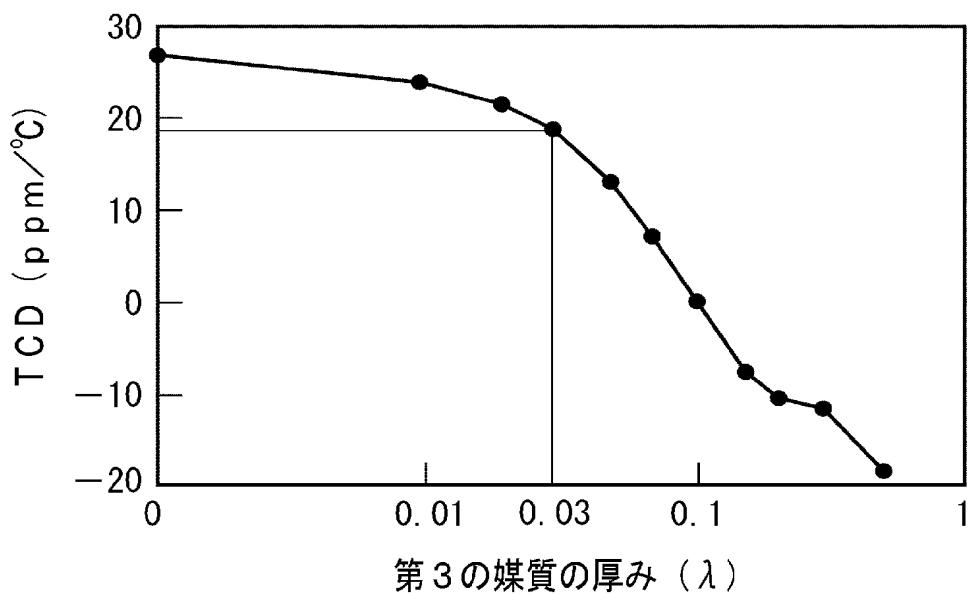
[図3]



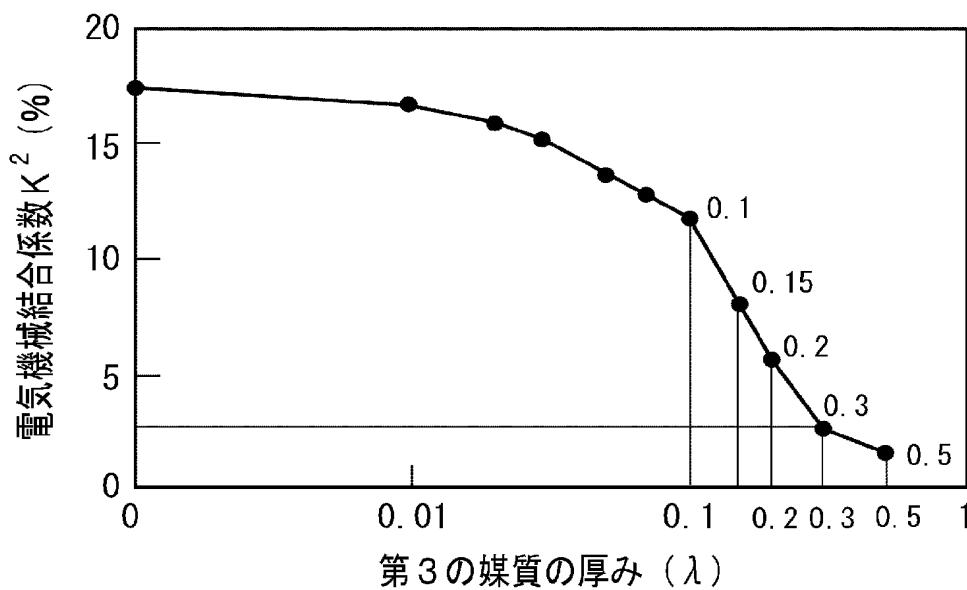
[図4]



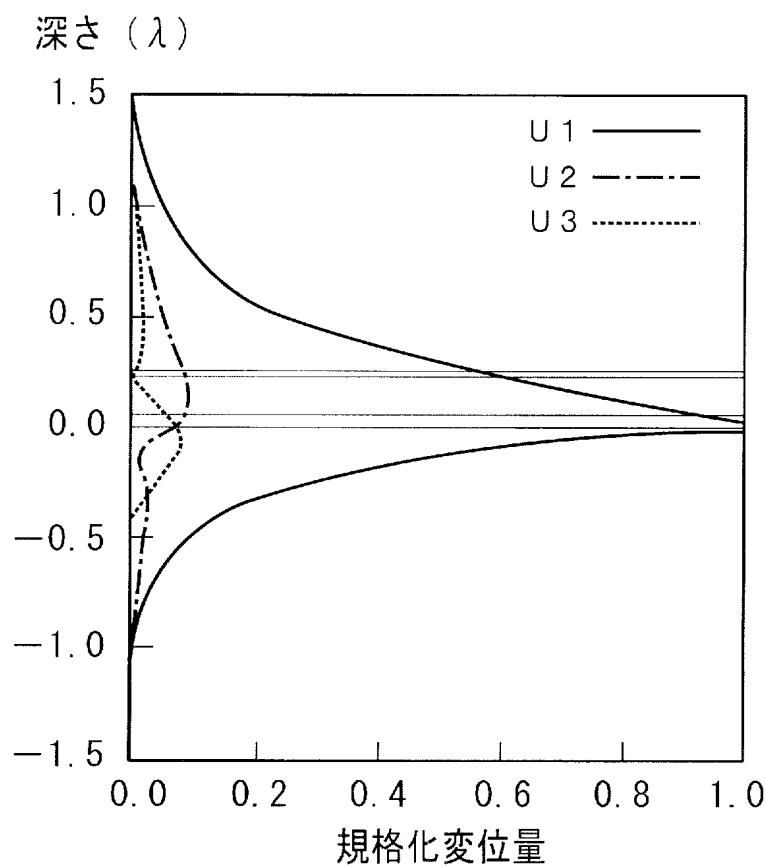
[図5]



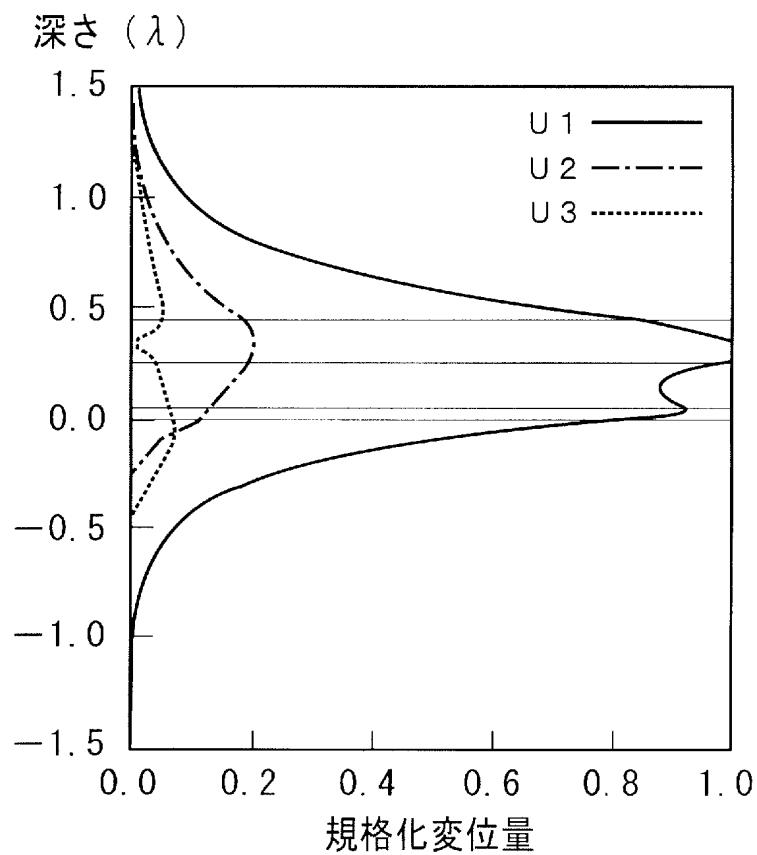
[図6]



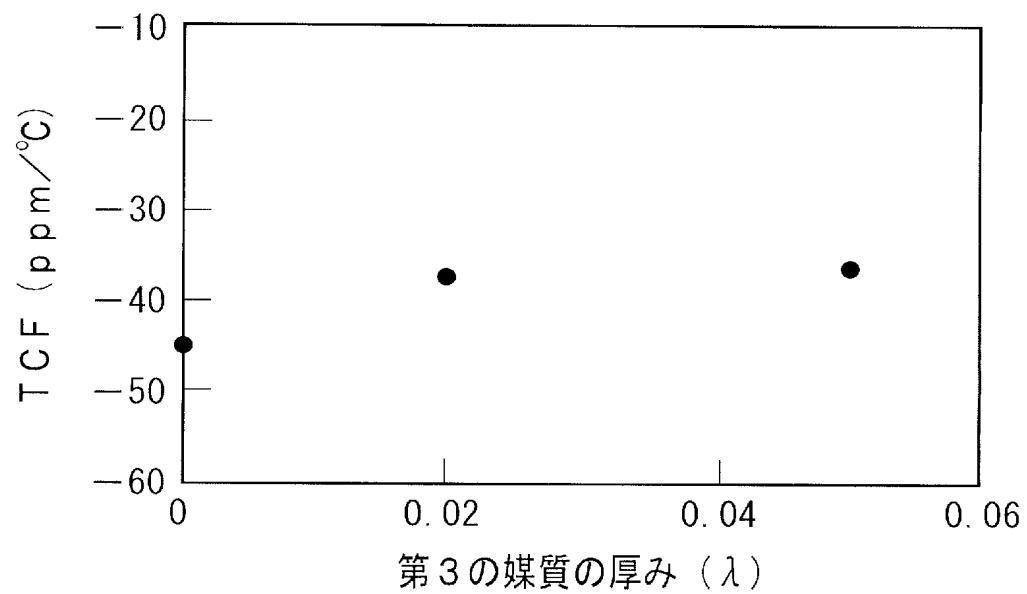
[図7]



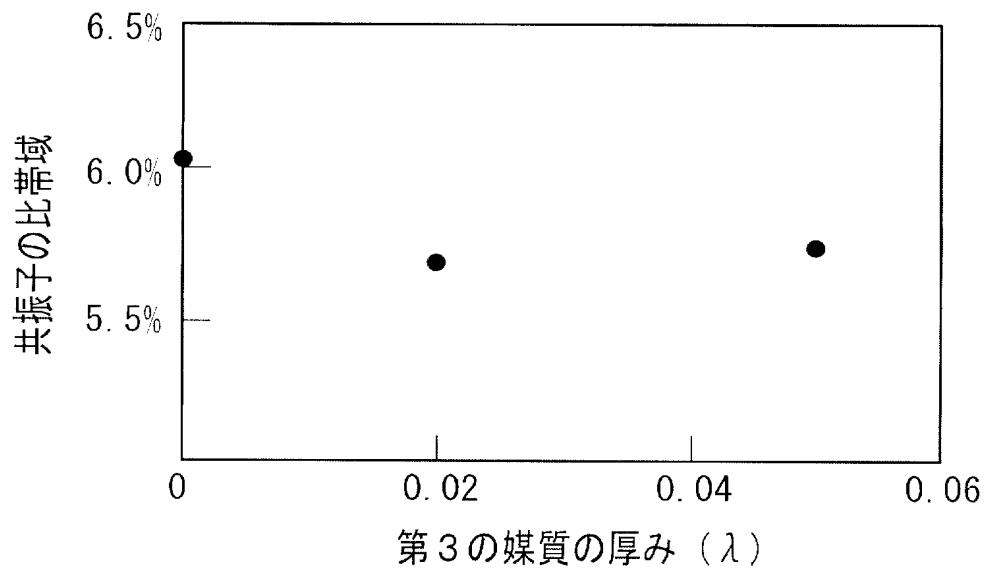
[図8]



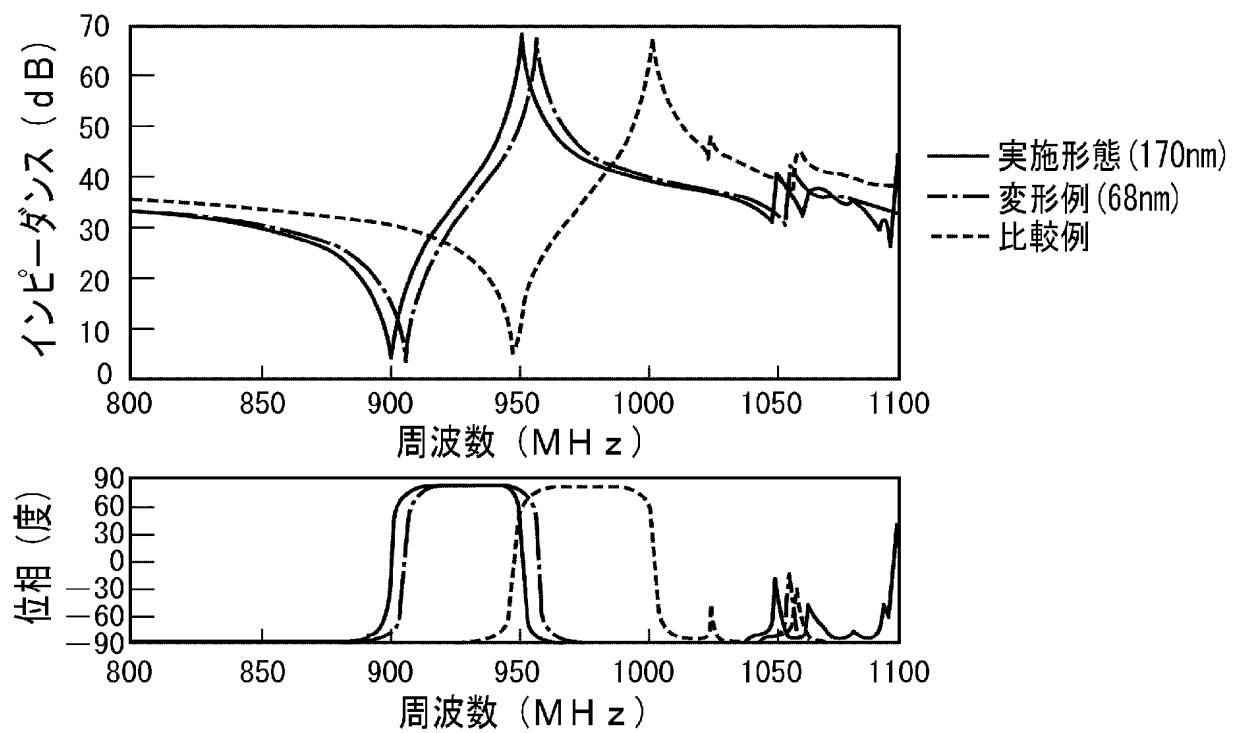
[図9]



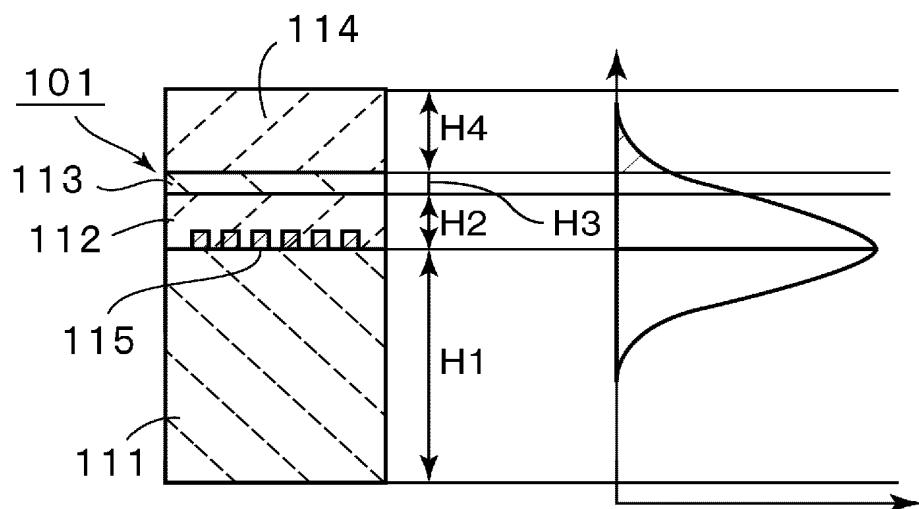
[図10]



[図11]



[図12]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/059760

### A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

*H03H9/25 (2006.01) i, H01L41/09 (2006.01) i, H01L41/18 (2006.01) i, H03H9/145 (2006.01) i*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

### B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

*H03H3/007-H03H3/10, H03H9/00-H03H9/76*

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2007</i>
<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2007</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2007</i>

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

### C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 98/52279 A1 (Hitachi, Ltd.), 19 November, 1998 (19.11.98), Page 10; Fig. 12 (Family: none)	5-7 1-4
Y A	JP 7-212174 A (Hitachi, Ltd.), 11 August, 1995 (11.08.95), Par. No. [0013] (Family: none)	5-7 1-4
Y A	JP 11-55070 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 February, 1999 (26.02.99), Par. No. [0023] & US 5998907 A1	5-7 1-4

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  
02 August, 2007 (02.08.07)

Date of mailing of the international search report  
14 August, 2007 (14.08.07)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/059760

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-512637 A (Tournois, Pierre),	5 - 7
A	02 April, 2003 (02.04.03),	1 - 4
	Par. No. [0047]	
	& US 6737941 B1	& EP 1222735 A
	& WO 01/29964 A1	

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H03H9/25(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/18(2006.01)i, H03H9/145(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H03H3/007-H03H3/10, H03H9/00-H03H9/76

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2007年
日本国実用新案登録公報	1996-2007年
日本国登録実用新案公報	1994-2007年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 98/52279 A1 (株式会社日立製作所)	5-7
A	1998.11.19, 第10頁、第12図 (ファミリーなし)	1-4
Y	JP 7-212174 A (株式会社日立製作所)	5-7
A	1995.08.11, [0013] (ファミリーなし)	1-4

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

## 国際調査を完了した日

02.08.2007

## 国際調査報告の発送日

14.08.2007

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

## 特許庁審査官 (権限のある職員)

崎間 伸洋

5W 3570

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

C (続き) . 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	JP 11-55070 A (松下電器産業株式会社)	5-7
A	1999.02.26, [0023] & US 5998907 A1	1-4
Y	JP 2003-512637 A (トルノワ, ピエール)	5-7
A	2003.04.02, [0047] & US 6737941 B1 & EP 1222735 A & WO 01/29964 A1	1-4

**PUB-NO:** WO2007138840A1  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** WO 2007138840 A1  
**TITLE:** BOUNDARY ACOUSTIC WAVE DEVICE  
**PUBN-DATE:** December 6, 2007

**INVENTOR-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
KANDO, HAJIME	JP

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
MURATA MANUFACTURING CO	JP
KANDO HAJIME	JP

**APPL-NO:** JP2007059760

**APPL-DATE:** May 11, 2007

**PRIORITY-DATA:** JP2006149854A (May 30, 2006)

**ABSTRACT:**

A boundary acoustic wave device comprising a laminate of first through fourth media and an electrode arranged between the first and second media. The boundary acoustic wave device has a temperature coefficient of delay time of a small absolute value and good temperature characteristics. First through fourth media (11-14) are laminated in this order; electrodes including an IDT electrode (16) are arranged on the interface between the first medium (11) and the second medium (12); the temperature coefficient of delay time (TCD) of a boundary acoustic wave has a positive value in the

laminate structure of the fourth medium (14)/ the second medium (12)/the electrode/ the first medium (11); the fourth or the second medium has a positive temperature coefficient of sound velocity (TCV); the first medium (11) has a negative temperature coefficient of sound velocity (TCV); and the sound velocity of transverse wave in the third medium (13) is set lower than the sound velocity of transverse wave in the fourth medium (14) and/or the second medium (12).